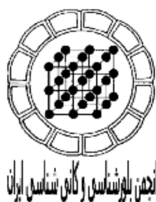
مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

سال بیست و سوم، شمارۀ چهارم، زمستان ۹۴، از صفحۀ ۷۲۳ تا ۷۳۶




# بررسی‌های ژئوشیمیایی، کانی‌شناسی و کانی‌سازی سولفیدی در رگه های کوارتز جنوب مشهد

**نازنین گرمابی[۱]، خسرو ابراهیمی[۱*]، علیرضا مظلومی[۲]، سید مسعود همام [۱]**

*۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد*

*۲- گروه زمین شناسی دانشگاه پیام نور تهران*

(دریافت مقاله: ۹۳/۱۰/۱۹، نسخه نهایی: ۹۴/۱/۱۵)

**چکیده:** منطقه‌ی شلگرد در جنوب مشهد (شمال شرق ایران) و در منطقه‌ی ساختاری بینالود قرار دارد. منطقه دستخوش دگرگونی ناحیه‌ای شده است و سنگ‌های دگرگون (اسلیت و فیلیت) بخش بزرگی از گستره‌ی مورد بررسی را پوشانده‌اند. واحدهای اسلیت، فیلیت، ماسه سنگ، و آهک دگرگون شده با سن تریاس و کنگلومرا با سن ژوراسیک به موازات و در راستای گسل سنگ بست شاندیز رخنمون دارند. کانی‌سازی در منطقه به‌صورت رگه‌ای در راستای N50°W و N65°E با شیب 75°SW است. کانه‌های اولیه شامل کوارتز، پیریت، کالکوپیریت، گالن، اورپیمنت و رالگار بوده و کانی‌های ثانویه از مالاکیت، آزوریت، گوتیت، هماتیت، لیمونیت و کولیت تشکیل شده‌اند. نمونه برداری ژئوشیمیایی به‌روش رسوب آبراهه‌ای، بیهنجاری‌هایی از عناصر Ag, Cu, Pb, Zn, Fe را نشان می‌دهند. در نمونه‌های کانی سنگین، کانی‌هایی از قبیل اورپیمنت، رالگار، طلا، پیریت، کاسیتریت مشاهده می‌شوند. همچنین براساس نتایج تجزیه‌های ژئوشیمیایی انجام شده روی نمونه‌های خرده سنگی از رگه‌ی سطحی و تونل قدیمی، میزان طلا ۴٫۴۲۴ ppm، نقره ۴۲٫۸ppm، مس ۴٫۴۹۶۴ ٪، آهن ۱٫۴۳۴۰ ٪، سرب ۰٫۶۹۳۹ ٪، و روی ۰٫۲۸۲۵ ٪ بوده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** *زمین‌شناسی؛ کانی سازی؛ ژئوشیمی؛ گسل سنگ بست شاندیز؛ شلگرد؛ جنوب مشهد.*

**مقدمه**

منطقه‌ی پی‌جویی شلگرد در فاصله‌ی ۱۴ کیلومتری جنوب غربی مشهد و در گستره‌ی طول شرقی‌'۱۲ °۳۶و عرض شمالی '۲۶ °۵۹ قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه در شمال شرق ایران و در ساختار بینالود قرار دارد. کانی‌سازی در دو رگه‌ی شمالی و جنوبی رخ داده است. در رگه‌ی شمالی با تشکیل دوگانه‌ی کانی اورپیمنت+ رالگار+ گالن+ پیریت و در رگه‌ی جنوبی شامل مجموعه‌ی گالن+ کالکوپیریت+ پیریت است. کانی کوارتز به عنوان تنها کانی کانگ شناسایی شد و مجموعه مالاکیت+ آزوریت+ هماتیت+ گوتیت+ لیمونیت کانی‌های ثانویه حاصل از هوازدگی کانسارند. در منطقه‌ی مورد بررسی آثاری از رگه‌های کوارتز همراه با مالاکیت، آزوریت و اکسیدهای آهن ثانویه دیده می‌شوند. به‌نظر می‌رسد حفاری‌ها و فعالیت‌های معدن کاری قدیمی در محل رگه‌های کانی‌سازی نیز برای استخراج طلا، نقره و سرب حفر شده‌اند. از جمله بررسی های انجام شده قبلی در منطقه می‌توان به اولین گزارش وجود بی‌هنجاری‌هایی از Pb, Ag, Zn در جنوب مشهد [۱]، نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰: ۱ طرقبه [۲]، بررسی بقایای رسوبی و زمین‌ساختی پالئوتتیس در جنوب مشهد [۳]، نقشه‌ی زمین‌شناسی ۲۵۰۰۰۰: ۱ مشهد [۴]، پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی و کانی سنگین در ورقه‌ی ۱۰۰۰۰۰: ۱ طرقبه [۵]، بی‌هنجاری ژئوشیمی در نواحی جنوب و غرب گستره‌ی بی‌هنجاری‌هایی از

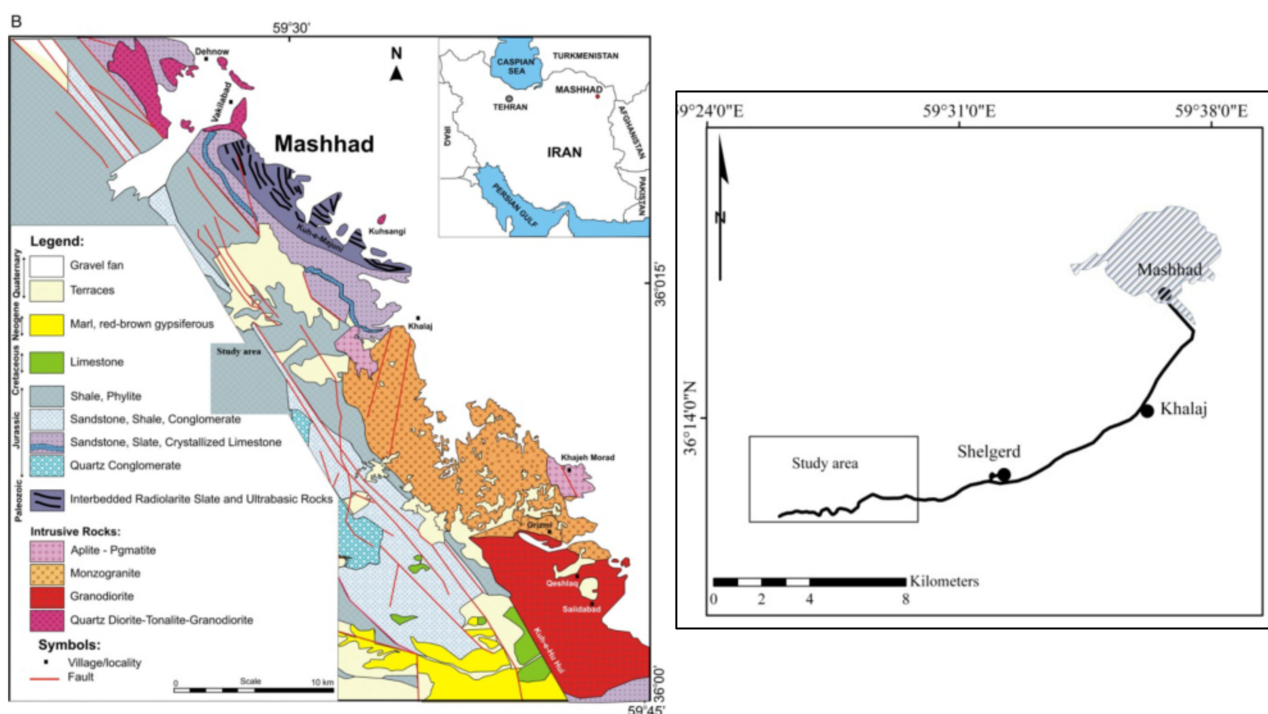
*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۳۱۵۲۷۸۴، پست الکترونیکی: khebrahimi@ferdowsi.um.ac.ir

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

طلا، جیوه، مولیبدن، رالگار و گروه سرب- روی و در شمال آن شیئلیت، کروم شناسایی شده‌اند [۵] اشاره کرد. این پژوهش با هدف بررسی پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی (به روش رسوب رودخانه، کانی سنگین و خرده سنگی) و پی‌جویی‌هایی برای شناسایی بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی موجود و عناصر Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe و ... در گستره‌ی پی‌جویی شلگرد با گستردگی تقریباً ۲۲ کیلومتر مربع صورت گرفت و رگه‌های با کانی‌ساز با توجه به بی‌هنجاری حاصل از نتایج ژئوشیمیایی رسوب‌های آبراهه‌ای و کانی سنگین شناسایی شدند.

**روش پژوهش**

نخست نقشه‌ی زمین‌شناسی، کانی‌سازی و دگرسانی گستره، براساس بررسی‌های دورسنجی و پیمایش زمینی، تهیه شد. سپس پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی رسوب‌های آبراهه‌ای، کانی سنگین و خرده سنگی و تهیه‌ی نقشه‌های عناصر مختلف و تعیین نقاط دارای بی‌هنجاری با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ در گستره مورد نظر انجام شد. در این پژوهش به منظور بررسی اثرهای ژئوشیمیایی و کانی‌سازی Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe و ...، تعداد ۷۹ نمونه رسوب رودخانه‌ای و ۱۶ نمونه کانی سنگین برداشت شدند. آماده‌سازی و بررسی نمونه‌ها در سازمان اکتشافات زمین‌شناسی شمال شرق ایران صورت گرفت و نمونه ها برای آنالیز به روش ICP- MS وFireassay به شرکت زرآزما تهران ارسال شدند. پس از شناسایی نقاط دارای بیهنجاری و همخوانی نقاط بی‌هنجار با رگه‌های معدنی، تعداد ۱۱ نمونه‌ی خرده سنگی از رگه‌های کانی ساز برداشت شدند. آماده سازی و آنالیز نمونه‌های خرده سنگی نیز به روش ICP-MSو Fireassay در شرکت زرآزمای تهران صورت گرفت، ۴ نمونه برای بررسی ژئوشیمی گالن از رگه‌های سطحی و تونل قدیمی، و ۳۵ با مقطع نازک با هدف بررسی‌های سنگ‌نگاری و دگرسانی و ۳۰ نمونه مقطع بلوک صیقلی به‌منظور بررسی‌های کانی‌نگاری و کانی‌سازی رگه‌های سطحی و تونل قدیمی تهیه و بررسی شدند، و در پایان با جمع بندی و تلفیق اطلاعات نقشه‌ی زمین‌شناسی، نقشه‌ی دگرسانی و کانی‌سازی و ژئوشیمی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ در منطقه به وسعت ۲۲ کیلومتر مربع تهیه شدند و در نتیجه شکل هندسی و کانی‌سازی تونل قدیمی به‌دست آمد.




**شکل ۱** مسیر ورود به منطقه‌ی پی‌جویی شلگرد [۶].

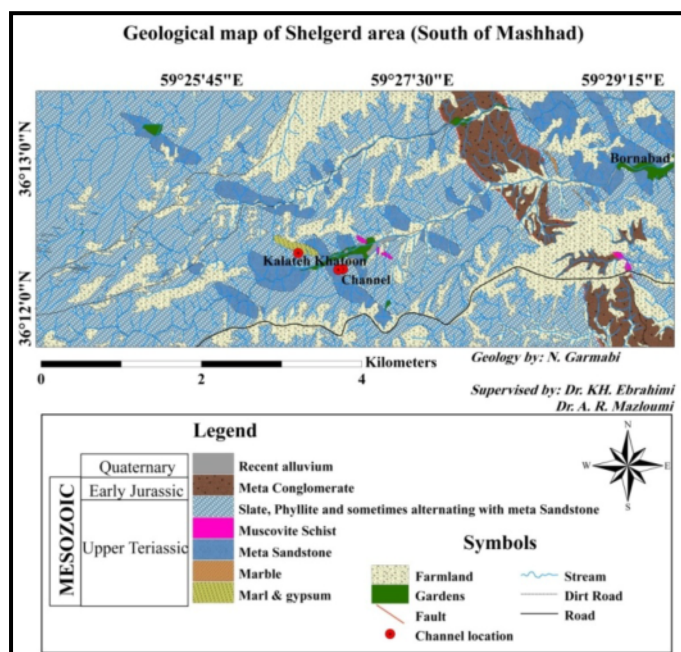
[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

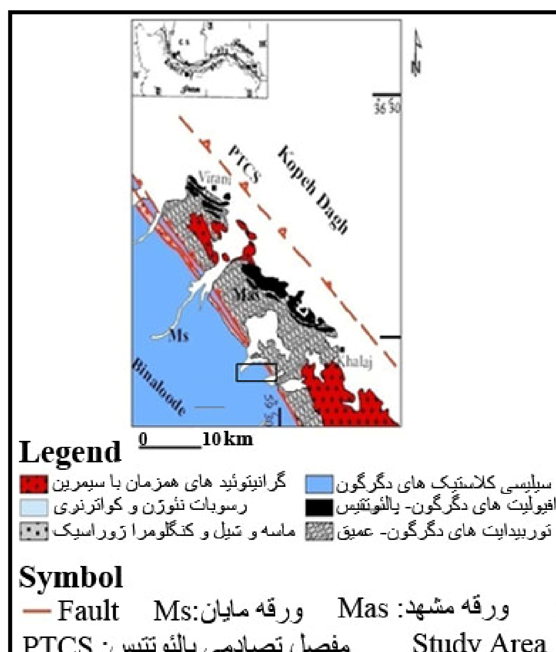
**زمین شناسی**

شلگرد در شمال شرق ایران و در منطقه‌ی ساختاری بینالود قرار گرفته است. به عقیده‌ی [۸،۷،۳] منطقه‌ی ساختاری بینالود بخش شرقی رشته کوه البرز را تشکیل می‌دهد؛ در حالی که [۹] این منطقه را به ایران مرکزی وابسته می‌داند. رخنمون عمومی در رشته کوه‌های بینالود دارای روند تقریبی شرقی- غربی است. [۱۰] بینالود را منطقه‌ای تدریجی بین ایران مرکزی و البرز در نظر گرفته است. ولی به عقیده پژوهندگان دیگر کوه‌های بینالود شامل افیولیت و دنباله‌ی متافیلیتی باقیمانده از اقیانوس پالئوتتیس است [۱۱،۳] کوه-های بینالود از نظر سنگ شناسی شامل سنگ‌ها و رسوب‌های پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک هستند [۱۲] و به عنوان بخش شرقی البرز متاثر از کوه زایی‌های سیمرین و آلپین به حساب می آید [۱۳]. در نقشه‌ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طرقبه و مشهد رخنمون‌های سنگی گستره‌ی مورد بررسی به سری مایان [۳] با سن تریاس فوقانی- ژوراسیک زیرین و به مجموعه دگرگونی‌های مشهد نسبت داده شده‌اند. در این گستره سنگ‌ها دستخوش دگرگونی ناحیه‌ای در حد رخساره‌ی شیست سبز شده اند.

براساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی، واحدهای سنگی در منطقه‌ی بررسی شده را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم کرد که شامل: سنگ‌های دگرگون، سنگ‌های رسوبی دگرگون شده و رسوب های عهد حاضر می شوند (شکل ۲).

قدیمی ترین واحدها در منطقه عبارتند از اسلیت، فیلیت، شیست، ماسه سنگ دگرگون شده (متاسندستون)، آهک دگرگون شده با سن تریاس. واحدهای دگرگونی اسلیت با میان لایه های فیلیت، بخش بزرگی از منطقه را پوشانده‌اند و در اغلب نقاط میزبان رگه‌های کانی‌سازی هستند. ماسه سنگ دگرگون شده با رگچه و رگه‌های فراوان کوارتز دارای دگرسانی سیلیسی است، شیست‌های سرخ و خاکستری و تناوب مارن و ژیپس، آهک دگرگون شده با گستردگی محدود نیز در منطقه دیده می‌شوند، واحدهای کنگلومرا دگرگون شده (متاکنگلومرا) در بخش شرقی گستره در راستای گسل سنگ بست- شاندیز ادامه دارند، منطقه‌ی مورد بررسی در حریم گسل سنگ بست- شاندیز قرار دارد. گسل اصلی سنگ بست شاندیز با پهنای متوسط ۳ کیلومتر، طول ۸۵ کیلومتر و روند شمال غربی- جنوب شرقی (N45W) است [۱۴] (شکل ۲). ترکیب کانی- شناختی این واحدها کوارتز، فلدسپات، سرسیت است. در سنگ‌های این واحد رگه‌های سیلیسی سفید رنگ دیده می‌شود که ستبرای آن‌ها از چند سانتیمتر تا چندمتر متغیر است و در برخی از رگه‌ها کانی‌سازی نیز مشاهده می‌شود.




**شکل ۲** الف) نقشه زمین‌ساخت منطقه‌ی بینالود؛ [۸] -ب) نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه اکتشافی شلگرد.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

**کانی سازی**

کانی‌سازی در منطقه‌ی پی‌جویی به‌صورت رگه‌های درون واحدهای دگرگون با درجه‌ی پایین بیشتر به‌صورت اسلیت و فیلیت دیده می‌شود. روند کلی این رگه‌های N50W و N65E دارای شیب $75^{o}$SW است. این رگه‌ها بیشتر در مرکز گستره‌ی بررسی شده مشاهده می‌شوند (شکل ۳). کانی‌های سولفیدی در اثر اکسایش موجب تشکیل منطقه‌ی گوسان شده اند. کارهای قدیمی و آثار متعددی نیز در مرکز منطقه، در محل منطقه‌ی گوسان و در محل رگه‌های همراه با کانی‌سازی مشاهده می‌شوند. براساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی رگه های کوارتز موجود در منطقه‌ی پی‌جویی شلگرد را می‌توان به دو نسل تقسیم کرد. نسل اول: رگه‌هایی که هم راستا با شیستوزیته سنگ میزبان بوده‌اند. نسل دوم: رگه‌هایی که شیستوزیته سنگ میزبان را قطع کرده‌اند.

کانی‌سازی در منطقه شلگرد را می توان به دو مجموعه زیر رده‌بندی کرد. گروه اول کانی‌سازی در رگه‌ی جنوبی و وابسته به رگه و داخل تونل قدیمی است و گروه دوم در رگه‌ی سطحی (شمالی) است (شکل ۴). مجموعه‌ی کانی‌شناسی رگه‌ها به ترتیب به شرح زیر اند:

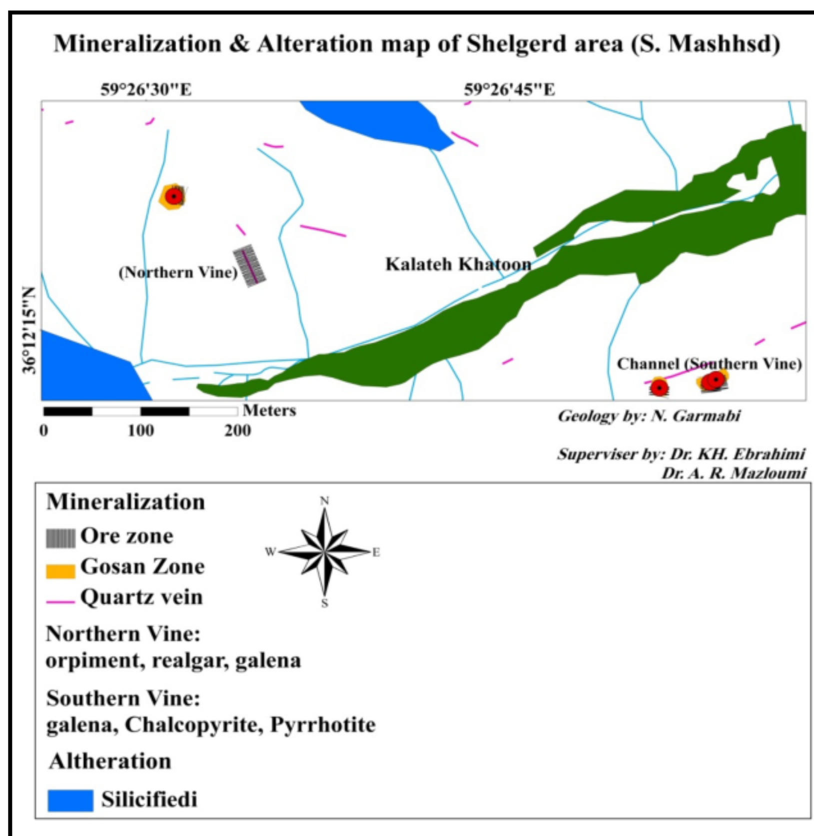
۱. کوارتز + گالن+ کالکوپیریت + پیریت + مالاکیت+ آزوریت+ هماتیت + گوتیت + لیمونیت.

۲. کوارتز + اورپیمنت + رالگار+ گالن + پیریت + هماتیت+ گوتیت+ لیمونیت.

**تونل‌های قدیمی:** در گستره‌ی بررسی‌ها چندین تونل قدیمی وجود دارند که احتمالاً برای استخراج طلا، نقره سرب حفر شده‌اند. تونل قدیمی در بخش جنوب گستره با متر و کمپاس برداشت شد. طول آن ۴۱ متر، عرض تونل از ۷۵ سانتیمتر تا ۲٫۵۰ متر تغییر می‌کند و میانگین ارتفاع ۱ متر اندازه‌گیری شد (شکل ۵). در نهایت شکل هندسی تونل ترسیم شد که روی آن موقعیت برداشت نمونه‌ها مشخص شده است. تونل حفر شده در رگه‌ی شمالی مسدود و قابلیت نقشه برداری ندارد.

رخنمون‌های سطحی: در بخش مرکزی و شمال گستره، چندین رگه با عرض متغییر ۲۰ سانتیمتر تا ۲ متر و مجموع طول ۶۰ متر اندازگیری شد.

به طور کلی کانی‌سازی‌های اولیه عبارتند از کوارتز، گالن، کالکوپیریت، پیریت، اورپیمنت و رالگار. کانه‌هایی که در مرحله‌ی ثانویه یا اکسایش شکل گرفته‌اند نیز شامل: مالاکیت، آزوریت، هماتیت، گوتیت و لیمونیت می‌شوند (شکل۴).

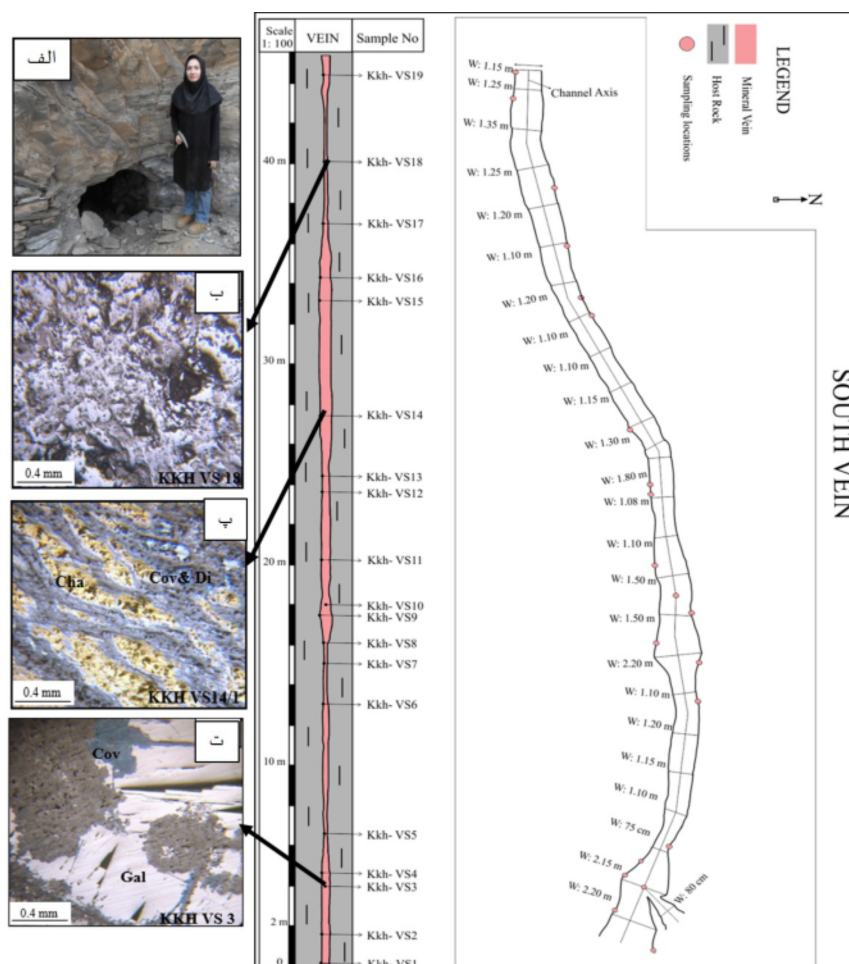



**شکل ۳** نقشه‌ی دگرسانی و کانی‌سازی گستره اکتشافی شلگرد.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

| Mineral | Primary Hypogene Stage |  | Secondary Oxidation Stage |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Stage 1 | Stage 2 |  |
| Quartz | ▬▬▬ | ▬▬▬ |  |
| Pyrite | - - - - |  |  |
| Chalcopyrite | ——— |  |  |
| Galena | ▬▬▬ | ——— |  |
| Covellite |  |  | ——— |
| Cerusite |  |  | - - - - |
| Hematite |  |  | ——— |
| Goethite |  |  | ——— |
| Malachite |  |  | - - - - |
| Azurite |  |  | - - - - |
| Realgar & orpiment |  | ——— |  |

**شکل ۴** دنباله پاراژنزی در گستره اکتشافی شلگرد.




**شکل ۵** نیمرخ طولی تونل حفر شده در رگه‌ی جنوبی (مختصات جغرافیای ″۵۱ ′۲۶ °۵۹ :X , ″۱۶ ′ ۱۲ °۳۶ :Y) و موقعیت نمونه‌های اخذ شده. الف: نما از دهانه‌ی ورودی تونل، ب: نمونه‌ی KKH-VS18 اکسیدهای آهن (هماتیت) در نور XPL. پ: نمونه‌ی1 /KKH-VS14 رگچه کالکوپیریت در حال تبدیل به کوولیت در نور XPL. ت: نمونه‌ی KKH-VS3 گالن در حال تبدیل شدن به کوولیت و سروزیت (بافت جانشینی) در نور XPL.

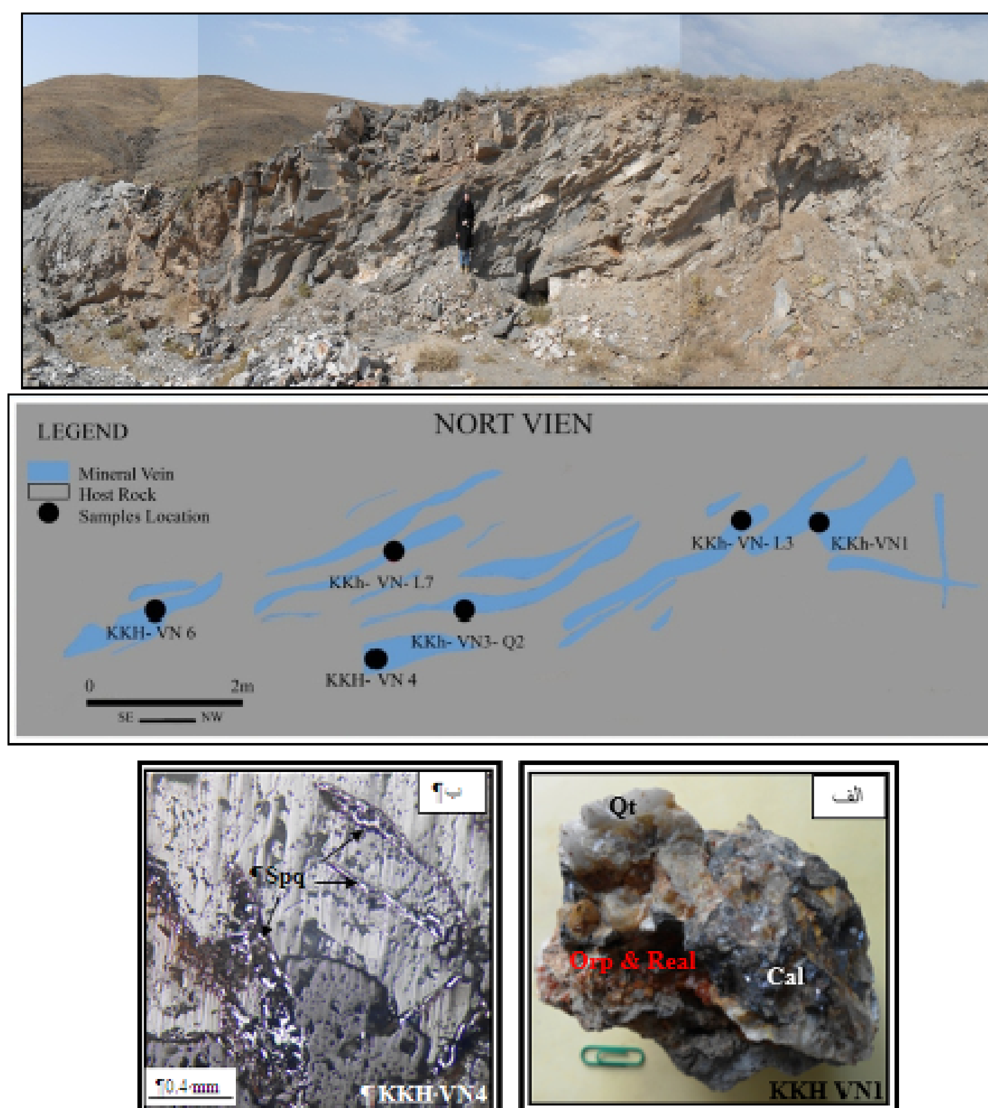
[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

**بررسی‌های کانه نگاری بافتی**

**تونل قدیمی**

کانه‌های بررسی شده در اکثر مقاطع صیقلی عبارتند از کالکوپیریت، گالن، پیریت، هماتیت، مگنتیت، کوولیت، گوتیت و مالاکیت. گالن و کالکوپیریت را می‌توان به‌عنوان کانه‌های سولفیدی اصلی در تونل قدیمی معرفی کرد. حضور کانی مالاکیت در بعضی از نمونه‌های سطحی، حاصل فرایندهای هوازدگی کانی‌های اولیه مس (کالکوپیریت) هستند که به صورت پرکننده فضای خالی و پراکنده دیده می‌شوند. در بررسی کانی‌نگاری رگچه‌هایی از کالکوپیریت با ضخامت حدود یک سانتیمتر، کانی کوارتز- گالن را قطع کرده است و بلورهای کالکوپیریت در کرانه‌ها به کوولیت تبدیل شده‌اند (شکل۵ ج). کولیت که یک کانه‌ی سولفید مس است که به‌صورت جانشینی در حاشیه‌ی کانی گالن قرار گرفته است.

**رگه‌ی سطحی:** کانه های اصلی در این رگه شامل اورپیمنت و رالگار هستند (شکل۶ الف)، همچنین گالن به مقدار کمتر نسبت به تونل قدیمی دیده می‌شود کانی‌های ثانویه شامل هماتیت، گوتیت و لیمونیت می‌شوند، و نیز بافت سوزنی، تیغه-های در کانی هماتیت (اسپیکولاریت) دیده شده‌اند (شکل۶ ب).

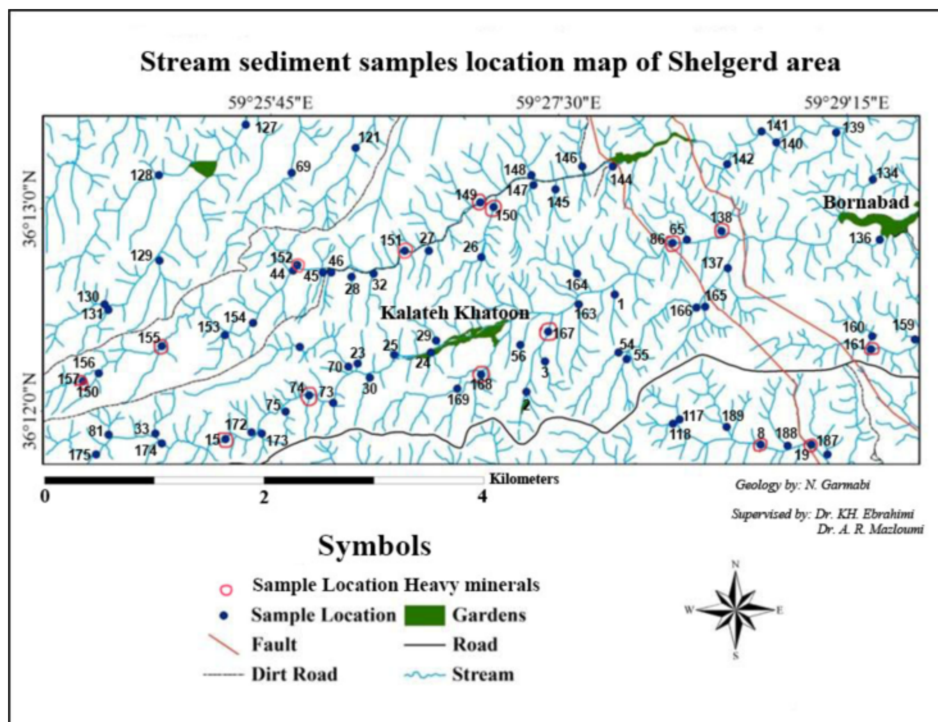



**شکل ۶** رخنمون رگه‌ی شمالی؛ دید به سمت جنوب، موقعیت رگه شمالی (مختصات جغرافیای ۳۳ ۲۶ ۵۹ :X, ۱۷ ۱۲ ۳۶:Y) و نمونه‌های مورد بررسی. الف: نمونه‌ی KKH-VN1 کانی های گالن، کوارتز، اورپیمنت و رالگار در نمونه‌ی دستی. ب: نمونه KKH-VN4 اکسیدهای آهن و کوارتز در مقطع بلوک صیقلی هماتیت (اسپیکولاریت) با صورت سوزنی و تیغه‌ای.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

**ژئوشیمی**

به منظور پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی؛ ۷۹ نمونه رسوب رودخانه-ای، ۱۶ نمونه کانی سنگین، و ۱۱ نمونه‌ی خرده سنگی برداشت شدند. موقعیت نمونه‌ها (شکل ۷) و نتایج تجزیه‌ی آن‌ها در (جدول‌های ۱، ۲ و ۳) ارائه شده‌اند.




**شکل ۷** موقعیت نمونه‌های ژئوشیمیایی (رسوب رودخانه و کانی سنگین)، منطقه‌ی پی‌جویی شلگرد.

**جدول ۱** نتایج تجزیه‌ی ژئوشیمیایی نمونه‌های خرده سنگی به روش عیارسنجی آذری و ICP-MS، عنصر طلا برحسب ppb و عناصر دیگر برحسب ppm.

| No Sample | Y | X | Au (ppb) | Ag (ppm) | Cu (ppm) | Fe (ppm) | Zn (ppm) | Pb (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 92-M1 | ۴۰۰۹۵۳۳/۴ | ۷۱۹۶۸۸/۱ | ۳۹۰۹ | ۹/۸۰ | ۷۲۴۱ | ۸۲۹۹۹ | ۸۲۴ | ۱۹۲۸ |
| 92-M2 | ۴۰۰۹۵۴۴/۴ | ۷۱۹۶۵۱/۱ | ۱۸ | ۰/۲۸ | ۱۶۰ | ۱۰۱۴۹۹ | ۲۳۷۷ | ۱۱۱ |
| 92-M3 | ۴۰۰۹۶۰۷/۴ | ۷۱۹۴۴۸/۱ | ۴۴۲۴ | ۰/۳۸ | ۱۹۶۳ | ۵۱۱۶۰ | ۱۳۱۹ | ۱۲۲۳ |
| 92-M4 | ۴۰۰۹۶۴۷/۴ | ۷۱۹۳۰۸/۱ | ۱۲ | ۰/۷۰ | ۹۸ | ۹۴۳۴ | ۷۸ | ۶۹۳۹ |
| 92-M5 | ۴۰۰۶۶۵۷/۴ | ۷۱۹۴۶۴/۱ | ۴ | ۰/۳۰ | ۱۵ | ۴۶۸۳ | ۱۷۸۴ | ۹ |
| 92-M6 | ۴۰۰۹۵۰۵/۴ | ۷۱۹۵۳۵/۱ | ۷ | ۴۲/۸۰ | ۴۴۹۶۴ | ۱۴۳۴۰۱ | ۲۸۲۵ | ۵ |
| 92-M7 | ۴۰۰۹۵۰۷/۴ | ۷۱۹۵۳۸/۱ | ۳۳۶ | ۱/۴۰ | ۳۳۵ | ۱۴۴۳۹ | ۱۲۲ | ۷۶۹ |
| 4-M1 | ۴۰۱۱۱۵۵/۰ | ۷۲۲۴۲۸/۰ | ۱۹ | ۰/۳۹ | ۴۰۹ | ۱۲۰۲۵۰ | ۳۳۶ | ۲۸۷ |
| 4-M2 | ۴۰۱۰۸۵۲/۰ | ۷۲۲۳۶۹/۰ | ۱۰ | ۱/۹۰ | ۱۳۴۶ | ۱۲۶۱۰۸ | ۱۷۰ | ۹۶۱۰ |
| 142-M1 | ۴۰۰۸۴۵۵/۰ | ۷۲۱۴۷۳/۰ | ۱۴ | ۰/۱۷ | ۲۵ | ۲۶۴۱۵ | ۴۴ | ۹ |
| 142-M2 | ۴۰۰۸۴۴۲/۰ | ۷۲۱۴۸۷/۰ | ۲۱ | ۰/۷۰ | ۲۰۱ | ۳۷۸۰۰ | ۳۰ | ۱۴۲۳ |
| KHH-VS | - | - | ۲۳۰ | ۵۱/۲۰ | ۸۲۴۰ | ۶۴۷۶۳ | ۷۲۰ | ۶۶۹۴۸ |

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

**جدول ۲** نتایج آنالیز ژئوشیمیایی رسوب رودخانه به روش عیارسنجی آذری و ICP-MS، عنصر طلا برحسب ppb و عناصر دیگر بر حسب ppm است.

| Sample No | X | Y | Au (ppb) | Ag (ppm) | Cu (ppm) | Fe (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) | Sample No | X | Y | Au (ppb) | Ag (ppm) | Cu (ppm) | Fe (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۷۲۱۴۶۴ | ۴۰۰۹۸۸۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۱۹ | ۳۰ | ۲۸۰۲۸۰ | ۱۸ | ۶۱ | ۱۳۹ | ۷۲۳۴۸۲ | ۴۰۱۱۳۶۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۰ | ۳۷ | ۳۲۵۶۶ | ۲۵ | ۶۷ |
| ۲ | ۷۲۰۶۶۰ | ۴۰۰۸۹۹۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۶ | ۳۷ | ۲۹۹۶۸ | ۲۹ | ۶۰۴ | ۱۴۰ | ۷۲۲۸۰۰ | ۴۰۱۱۳۷۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۴ | ۳۱ | ۳۰۸۳۸ | ۲۶ | ۶۶ |
| ۳ | ۷۲۰۸۳۱ | ۴۰۰۹۲۷۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۲ | ۲۵ | ۲۵۵۷۶ | ۱۹ | ۶۲ | ۱۴۱ | ۷۲۲۹۳۵ | ۴۰۱۱۲۷۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۱۸ | ۳۳ | ۲۸۰۰۵ | ۱۹ | ۵۷ |
| ۸ | ۷۲۲۷۹۳ | ۴۰۰۸۵۱۰ | ۲٫۰۰ | ۰٫۲۰ | ۲۳ | ۲۳۷۹۶ | ۱۷ | ۵۱ | ۱۴۲ | ۷۲۲۴۸۸ | ۴۰۱۱۰۷۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۶ | ۴۴ | ۳۶۵۳۴ | ۲۰۳۵ | ۷۱ |
| ۱۵ | ۷۱۷۹۱۹ | ۴۰۰۸۵۶۰ | ۳٫۰۰ | ۰٫۱۹ | ۳۰ | ۲۹۲۸۳ | ۲۶ | ۶۹ | ۱۴۴ | ۷۲۱۴۴۷ | ۴۰۱۱۰۵۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۰ | ۲۷ | ۲۶۰۰۳ | ۲۶ | ۵۲ |
| ۱۹ | ۷۲۳۲۵۶ | ۴۰۰۸۵۱۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۲ | ۲۴ | ۲۵۴۸۱ | ۲۰ | ۵۷ | ۱۴۵ | ۷۲۰۹۲۶ | ۴۰۱۰۸۴۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۲۰ | ۲۶ | ۲۷۸۲۷ | ۲۰ | ۶۰ |
| ۲۲ | ۷۱۸۲۲۱ | ۴۰۱۱۶۲۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۰ | ۳۴ | ۳۳۰۱۶ | ۲۹ | ۸۳ | ۱۴۶ | ۷۲۱۱۶۷ | ۴۰۱۱۰۵۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۲۰ | ۴۰ | ۳۳۴۴۰ | ۱۹ | ۶۳ |
| ۲۳ | ۷۱۹۱۲۳ | ۴۰۰۹۲۵۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۳ | ۳۱ | ۲۹۱۳۹ | ۲۷ | ۶۹ | ۱۴۷ | ۷۲۰۷۲۴ | ۴۰۱۰۸۸۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۲ | ۲۶ | ۲۷۴۴۵ | ۱ | ۵۷ |
| ۲۴ | ۷۱۹۷۹۰ | ۴۰۰۹۳۵۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۲۱ | ۳۰ | ۲۹۹۸۴ | ۳۱ | ۷۶ | ۱۴۸ | ۷۲۰۷۰۶ | ۴۰۱۰۹۷۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۰ | ۳۱ | ۳۲۹۷۵ | ۱۹ | ۵۹ |
| ۲۵ | ۷۱۹۴۵۶ | ۴۰۰۹۳۳۰ | ۸٫۰۰ | ۰٫۳۲ | ۶۸ | ۳۱۸۵۱ | ۳۱۶ | ۵۵۴ | ۱۴۹ | ۷۲۰۲۴۰ | ۴۰۱۰۷۲۰ | ۲٫۰۰ | ۰٫۲۱ | ۲۸ | ۲۸۲۷۴ | ۳۴ | ۶۹ |
| ۲۶ | ۷۲۰۲۵۰ | ۴۰۱۰۲۲۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۰ | ۲۲ | ۲۱۸۶۷ | ۱۹ | ۵۶ | ۱۵۰ | ۷۲۰۳۶۱ | ۴۰۱۰۶۸۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۰ | ۲۶ | ۲۷۴۴۷ | ۱۸ | ۵۹ |
| ۲۷ | ۷۱۹۷۷۱ | ۴۰۱۰۲۸۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۳ | ۲۶ | ۲۷۴۸۳ | ۲۰ | ۶۶ | ۱۵۱ | ۷۱۹۵۵۳ | ۴۰۱۰۲۸۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۰ | ۲۹ | ۲۹۳۲۷ | ۲۹ | ۷۲ |
| ۲۸ | ۷۱۹۰۶۹ | ۴۰۱۰۰۴۰ | ۵٫۰۰ | ۰٫۲۱ | ۳۱ | ۲۷۶۳۷ | ۱۰۲ | ۱۰۶ | ۱۵۳ | ۷۱۹۹۱۴ | ۴۰۰۹۵۱۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۰ | ۳۶ | ۲۵۲۹۰ | ۱۸ | ۶۱ |
| ۲۹ | ۷۱۹۸۳۸ | ۴۰۰۹۴۶۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۱ | ۴۰ | ۲۶۸۸۹ | ۲۰۸ | ۲۱۴ | ۱۵۴ | ۷۱۸۱۷۱ | ۴۰۰۹۶۲۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۱۹ | ۲۸ | ۲۵۸۹۸ | ۲۲ | ۵۶ |
| ۳۲ | ۷۱۹۲۶۹ | ۴۰۱۰۰۷۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۲ | ۳۲ | ۲۸۴۵۹ | ۱۲۰ | ۱۶۱ | ۱۵۵ | ۷۱۷۳۴۰ | ۴۰۰۹۴۱۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۹ | ۲۸ | ۲۸۹۵۸ | ۲۱ | ۶۴ |
| ۴۴ | ۷۱۸۵۳۷ | ۴۰۱۰۱۰۰ | ۴٫۰۰ | ۰٫۲۰ | ۲۶ | ۲۷۰۴۵ | ۲۰ | ۶۲ | ۱۵۶ | ۷۱۶۷۶۵ | ۴۰۰۹۱۶۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۳ | ۳۱ | ۳۰۱۲۱ | ۲۳ | ۶۴ |
| ۴۵ | ۷۱۸۸۰۷ | ۴۰۱۰۰۸۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۴ | ۲۷ | ۲۸۰۴۹ | ۲۷ | ۶۷ | ۱۵۷ | ۷۱۶۶۲۳ | ۴۰۰۹۰۹۰ | ۴٫۰۰ | ۰٫۱۹ | ۲۷ | ۲۹۲۵۶ | ۲۲ | ۶۴ |
| ۴۶ | ۷۱۸۸۸۴ | ۴۰۱۰۰۸۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۳ | ۲۶ | ۲۸۱۶۹ | ۳۴ | ۸۱ | ۱۵۸ | ۷۲۴۳۷۶ | ۴۰۰۹۶۸۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۱۹ | ۴۲ | ۳۳۰۶۰ | ۲۰ | ۷۰ |
| ۵۰ | ۷۲۰۴۱۰ | ۴۰۰۸۲۸۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۲ | ۲۶ | ۲۵۴۰۰ | ۱۹ | ۵۹ | ۱۵۹ | ۷۲۴۱۹۹ | ۴۰۰۹۴۷۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۳ | ۳۹ | ۳۲۶۳۶ | ۱۹ | ۶۷ |
| ۵۴ | ۷۲۱۴۹۹ | ۴۰۰۹۳۵۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۱۹ | ۲۱ | ۲۳۱۴۹ | ۱۹ | ۵۱ | ۱۶۰ | ۷۲۳۳۸۱۰ | ۴۰۰۹۵۰۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۱۹ | ۳۶ | ۲۹۹۵۳ | ۱۸ | ۶۱ |
| ۵۵ | ۷۲۱۵۹۴ | ۴۰۰۹۲۹۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۰ | ۲۱ | ۲۳۶۰۹ | ۱۹ | ۵۵ | ۱۶۱ | ۷۲۳۷۹۹ | ۴۰۰۹۳۸۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۱۷ | ۳۰ | ۲۸۲۵۰ | ۱۸ | ۵۷ |
| ۵۶ | ۷۲۰۶۰۴ | ۴۰۰۹۴۲۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۲۷ | ۳۰ | ۳۰۹۲۹ | ۵۳ | ۱۰۳ | ۱۶۳ | ۷۲۱۱۳۶ | ۴۰۰۹۷۹۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۲۱ | ۲۷ | ۳۰۵۸۰ | ۱۶ | ۶۰ |
| ۶۹ | ۷۱۸۵۲۳ | ۴۰۱۰۹۹۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۴ | ۲۶ | ۲۶۶۳۰ | ۲۴ | ۶۴ | ۱۶۴ | ۷۲۱۱۲۲ | ۴۰۱۰۰۷۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۹ | ۳۱ | ۳۱۰۶۹ | ۲۰ | ۶۶ |
| ۷۳ | ۷۱۸۹۰۰ | ۴۰۰۸۸۹۹۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۲۲ | ۲۹ | ۲۷۳۴۷ | ۳۱ | ۶۵ | ۱۶۵ | ۷۲۲۲۸۹ | ۴۰۰۹۷۷۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۰ | ۲۵ | ۲۶۹۴۹ | ۱۸ | ۵۴ |
| ۷۴ | ۷۱۸۶۸۱ | ۴۰۰۸۸۹۶۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۲ | ۲۹ | ۲۸۶۳۱ | ۲۷ | ۶۸ | ۶۶ | ۷۲۲۲۰۹ | ۴۰۰۹۷۶۰ | ۲٫۰۰ | ۰٫۱۸ | ۲۳ | ۲۴۸۵۳ | ۱۳ | ۵۰ |

**جدول ۳** ادامه نتایج آنالیز ژئوشیمیایی رسوب رودخانه به روش عیارسنجی آذری و ICP-MS، عنصر طلا برحسب ppb و عناصر دیگر بر حسب ppm است.

| Sample No | X | Y | Au (ppb) | Ag (ppm) | Cu (ppm) | Fe (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) | Sample No | X | Y | Au (ppb) | Ag (ppm) | Cu (ppm) | Fe (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۷۵ | ۷۱۸۴۶۷ | ۴۰۰۸۸۱۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۲۴ | ۳۰ | ۲۹۸۹۷ | ۲۹ | ۶۸ | ۱۶۷ | ۷۲۰۸۵۹ | ۴۰۰۹۵۴۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۱ | ۲۷ | ۲۷۸۰۶ | ۲۴ | ۱۰۸ |
| ۸۶ | ۷۲۱۹۹۱ | ۴۰۱۰۳۵۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۶ | ۳۰ | ۳۰۱۸۴ | ۳۶ | ۹۶ | ۱۶۸ | ۷۲۰۲۴۹ | ۴۰۰۹۱۵۰ | ۳٫۰۰ | ۰٫۲۲ | ۲۸ | ۲۹۳۶۳ | ۵۰ | ۸۱ |
| ۱۱۷ | ۷۲۲۰۵۴ | ۴۰۰۸۷۴۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۱ | ۲۳ | ۲۳۳۸۰ | ۱۶ | ۵۱ | ۱۷۰ | ۷۱۹۰۳۹ | ۴۰۰۹۲۲۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۱۷ | ۲۷ | ۲۸۳۳۶ | ۲۰ | ۶۳ |
| ۱۱۸ | ۷۲۱۹۹۴ | ۴۰۰۸۷۰۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۱۹ | ۲۴ | ۲۴۴۲۹ | ۱۹ | ۵۱ | ۱۷۱ | ۷۱۸۵۹۷ | ۴۰۰۹۴۰۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۲۰ | ۲۶ | ۲۷۷۷۱ | ۲۱ | ۶۲ |
| ۱۲۰ | ۷۱۹۲۴۵ | ۴۰۱۱۶۵۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۳ | ۳۱ | ۲۸۷۷۲ | ۲۶ | ۷۱ | ۱۷۲ | ۷۱۸۱۵۷ | ۴۰۰۸۶۲۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۱۸ | ۲۸ | ۲۸۶۸۰ | ۲۴ | ۶۲ |
| ۱۲۱ | ۷۱۹۱۰۴ | ۴۰۱۱۲۲۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۲۵ | ۲۶ | ۲۵۰۴۰ | ۲۷ | ۶۱ | ۱۷۳ | ۷۱۸۲۵۰ | ۴۰۰۸۶۱۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۴ | ۳۵ | ۳۵۷۱۱ | ۳۰ | ۸۳ |
| ۱۲۷ | ۷۱۸۱۰۵ | ۴۰۱۱۴۳۰ | ۴٫۰۰ | ۰٫۲۵ | ۳۳ | ۳۰۵۹۳ | ۲۶ | ۶۶ | ۱۷۴ | ۷۱۷۳۳۹ | ۴۰۰۸۵۲۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۱ | ۲۹ | ۲۹۷۵۵ | ۲۴ | ۶۳ |
| ۱۲۸ | ۷۱۷۳۱۵ | ۴۰۱۰۹۷۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۱۸ | ۳۱ | ۲۸۱۱۲ | ۲۰ | ۵۸ | ۱۸۳ | ۷۲۴۴۱۳ | ۴۰۰۸۵۶۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۲۴ | ۴۶ | ۳۶۸۶۰ | ۲۳ | ۹۹۰ |
| ۱۲۹ | ۷۱۷۳۱۸ | ۴۰۱۰۱۹۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۱۸ | ۲۹ | ۲۹۳۴۱ | ۲۲ | ۶۲ | ۱۸۵ | ۷۲۳۹۳۴ | ۴۰۰۷۳۹۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۲۱ | ۲۶ | ۲۷۱۰۴ | ۲۰ | ۶۱ |
| ۱۳۰ | ۷۱۶۸۵۳ | ۴۰۰۹۷۴۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۱۹ | ۲۶ | ۲۶۰۴۵ | ۱ | ۵۳ | ۱۸۶ | ۷۲۳۵۴۶ | ۴۰۰۸۲۷۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۰ | ۳۰ | ۲۷۸۰۹ | ۲۲ | ۷۰ |
| ۱۳۱ | ۷۱۶۸۱۹ | ۴۰۰۹۷۹۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۴ | ۲۹ | ۳۰۷۹۵ | ۲۱ | ۶۲ | ۱۸۷ | ۷۲۳۴۰۱ | ۴۰۰۸۴۲۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۰ | ۲۳ | ۲۵۴۷۸ | ۱۷ | ۵۳ |
| ۱۳۴ | ۷۲۳۸۱۵ | ۴۰۱۰۹۳۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۰ | ۳۳ | ۲۷۹۴۰ | ۱۸ | ۵۸ | ۱۸۸ | ۷۲۳۰۳۹ | ۴۰۰۸۵۰۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۱۷ | ۲۶ | ۲۶۹۹۶ | ۱۶ | ۵۴ |
| ۱۳۵ | ۷۲۴۲۶۶ | ۴۰۱۰۸۳۰ | ۲٫۰۰ | ۰٫۲۴ | ۳۳ | ۳۰۷۰۵ | ۲۰ | ۶۲ | ۱۸۹ | ۷۲۲۴۸۳ | ۴۰۰۸۶۷۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۱۹ | ۲۴ | ۲۶۰۳۰ | ۲۰ | ۵۸ |
| ۱۳۶ | ۷۲۳۸۷۹ | ۴۰۱۰۳۸۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۰ | ۴۹ | ۳۵۷۱۴ | ۲۵ | ۶۹ | ۱۹۰ | ۷۲۳۶۸۱ | ۴۰۰۷۰۶۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۲۲ | ۳۰ | ۳۳۷۷۶ | ۲۰ | ۶۷ |
| ۱۳۸ | ۷۲۲۴۳۵ | ۴۰۱۰۴۶۰ | ۳٫۰۰ | ۰٫۲۷ | ۴۸ | ۳۹۱۶۱ | ۲۹ | | | | | | | | | | |

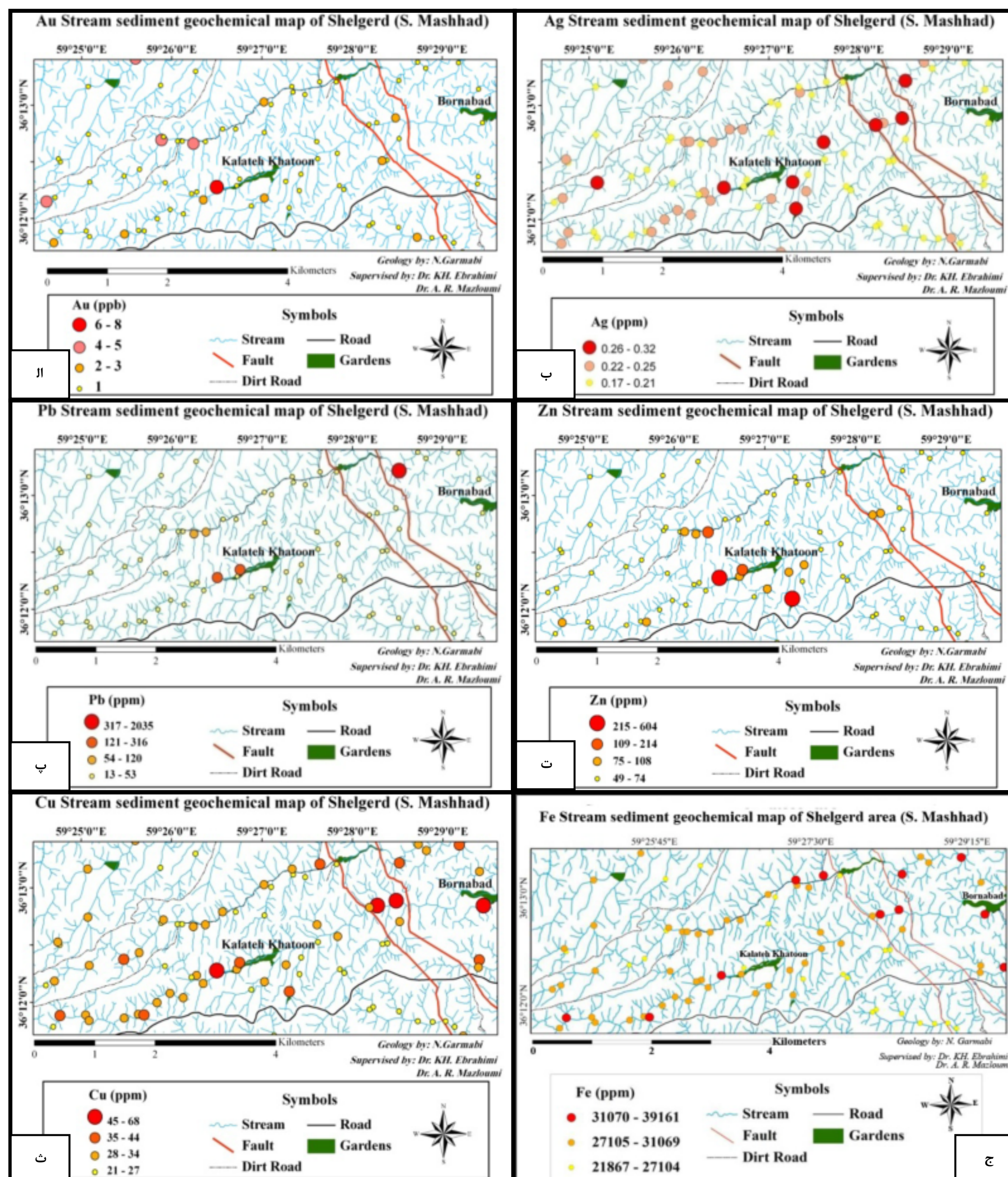
[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

**ژئوشیمی رسوب رودخانه و کانی سنگین**

هر نمونه ژئوشیمیایی رسوب رودخانه متشکل از حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم جزء زیر ۸۰ مش الک شد و در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و کدگزاری شدند. هر نمونه کانی سنگین از چند محل که احتمال تمرکز کانی سنگین در آن بیشتر بود جمع آوری شدند و در این مکان‌ها ذرات شن و ماسه بیشتر حضور داشتند. و وزن نمونه پس از الک کردن حدود ۷ لیتر از جزء زیر ۲۰ مش حاصل گردید. برای کاهش وزن نمونه‌ها، سهولت حمل و نقل و شستشو، هر نمونه در محل الک شد. نمونه‌های آبراهه‌ای به آزمایشگاه شرکت زرآزما در تهران ارسال شدند تا پس از آماده سازی برای ۳۵ عنصر به روش ICP- MS و عیارسنجی، تجزیه شوند. نمونه‌های کانی سنگین در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال شرق مورد بررسی قرار گرفتند.

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه‌ی نمونه‌ها، نقشه‌ی توزیع و الگوی پراکندگی طلا، نقره، سرب، روی و مس ترسیم شدند. خلاصه‌ی توزیع عناصر اصلی در منطقه به شرح زیر است.

طلا (Au): مقدار طلا در نمونه‌ها بین ppb ۸- ۰٫۷۵ متغیر بود. بیشترین مقدار طلا در نمونه‌ی شماره ۲۵ اندازه‌گیری شده که از پایین دست آبراهه‌ی جنوبی گستره‌ی مورد بررسی برداشت شده بود (شکل ۸- الف).




**شکل ۸** الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی رسوب‌های آبراهه‌ای، الف) عنصر طلا، ب) عنصر نقره، پ) عنصر سرب، ت) عنصر روی، ث) عنصر مس، ج) عنصر آهن.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

نقره (Ag): مقدار نقره از ppm ۰٫۳۲- ۰٫۱۷ را نشان می‌داد (شکل ۸- ب)، بیشترین مقدار نقره وابسته به نمونه شماره ۲۵ و کمترین میزان از آبراهه جنوبی گستره‌ی با نمونه‌های شماره ۱۰۶-۱۷۰- ۱۸۸ اندازه‌گیری شد.

سرب(Pb): مقدار سرب گستره ppm ۲۰۳۵- ۱۳ است؛ بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه شماره ۱۴۲ و کمترین آن مربوط به نمونه‌ی آبراهه‌ای ۱۳۳ و ۱۶۶ وابسته بوده است (شکل ۸- پ).

روی (Zn): مقادیر روی بین ppm ۶۰۴- ۴۹ متغیر بود بیشترین مقدار روی از نمونه‌ی شماره ۲ در آبراهه‌ی جنوبی گستره یاد شده به دست آمد (شکل ۸- ت).

آهن (Fe): فراوانی آهن از ۲۱۸۶۷ppm- ۳۹۱۶۱ متغیر بود، میزان آهن در نقاط مختلف بیهنجاری بالایی را نشان می‌داد، بیشترین مقدار مربوط به آبراهه جنوبی بوده است (شکل۸-ث).

مس (Cu): فراوانی مس در منطقه از ppm ۶۸ تا ۲۱ متغیر و بنابر الگوی پراکندگی Au و Ag وابسته به نمونه‌ی شماره ۲۵ بوده است (شکل ۸- ج).

**کانی‌های سنگین**

۱۶ نمونه کانی سنگین برداشت شدند که با تلفیق گستره‌های بی‌هنجار و حذف گستره‌های کم ارزش؛ در نهایت ۹ نمونه کانی سنگین شناسایی شدند که دارای بیشترین بیهنجاری بوده‌اند. در این بررسی‌ها، کانی‌هایی از قبیل اورپیمنت، رالگار، طلا، پیریت، کاسیتریت و ... شناسایی و توصیف نمونه‌های کانی سنگین در جدول ۴ ارائه شده‌اند.

**جدول ۴** نتایج بررسی‌های کانی‌های سنگین.

| شماره نمونه | X | Y | کانی‌های سنگین (ppm) |
|---|---|---|---|
| MF-155-H | ۷۱۷۳۴۰ | ۴۰۰۹۴۱۰ | - |
| MF-157-H | ۷۱۶۶۲۳ | ۴۰۰۹۰۹۰ | - |
| MF-150-H | ۷۲۰۳۶۱ | ۴۰۱۰۶۸۰ | - |
| MF-149-H | ۷۲۰۲۴۱ | ۴۰۱۰۷۲۰ | زیرکن (۸۲۰٫۱)، طلا(۰۱۵٫۰)، شیئلیت (۳۳۳٫۲)، الیژیست (۱۸۲٫۸) |
| MF-127-H | ۷۱۸۱۱۵ | ۴۰۱۱۴۳۰ | - |
| MF-151-H | ۷۱۹۵۵۳ | ۴۰۱۰۲۸۰ | - |
| MF-138-H | ۷۲۲۴۵۳ | ۴۰۱۰۴۶۰ | لیمونیت (۷۵۰٫۹۹) |
| MF-167-H | ۷۲۰۸۵۹ | ۴۰۰۹۵۴۰ | - |
| MF-86-H | ۷۲۱۹۹۱ | ۴۰۱۰۳۵۰ | رالگار (۰٫۰۷۹)، اورپیمنت (۰٫۲۹۷) |
| MF-135-H | ۷۲۴۲۶۶ | ۴۰۱۰۸۳۰ | - |
| MF-19-H | ۷۲۳۲۵۶ | ۴۰۰۸۵۱۰ | روتیل (۰٫۷۹۱)، سلستیت (۷٫۴۲۵) |
| MF-8-H | ۷۲۲۷۹۳ | ۴۰۰۸۵۱۰ | مگنتیت (۶۰۰٫۶۲۱)، آپاتیت (۱۴۵٫۱)، پیریت (۶۰۲٫۰ )،کربنات (۰۸۰٫۱۳۰)، نیگرین (۵۰۴٫۰)، دیستن (۲۹۶٫۱)، هماتیت (۱۲۰٫۸۲۵)، گوتیت (۶۰۰٫۲۳۷)، اکسید پیریت (۲۴۳)، پیریت و لیمونیت (۰۶۰٫۴۸)، پیروکسن (۶۸۰٫۱۰۳)، آمفیبول (۱۲۰٫۶۹)، اپیدوت (۴۴۰٫۷۳)، گارنت (۲۱۰۶) |
| MF-74-H | 718681 | ۴۰۰۸۹۶۰ | سینابر (۰٫۹۷۲)، کلریت (۴٫۳۷۵) |
| MF-161-H | 723799 | ۴۰۰۹۳۸۰ | اسفن (۲۰۹٫۰)، باریت (۸۱۰٫۰) |
| MF-15-H | 717919 | ۴۰۰۸۵۶۰ | - |
| MF-168-H | 720249 | ۴۰۰۹۱۵۰ | مالاکیت (۴۲۷٫۰)، اسفالریت (۲۸۴٫۰)، فلوریت (۱۱۳٫۰)، مس (۳۲۹٫۶)، کاسیتریت (۸۰۰٫۳۶) |

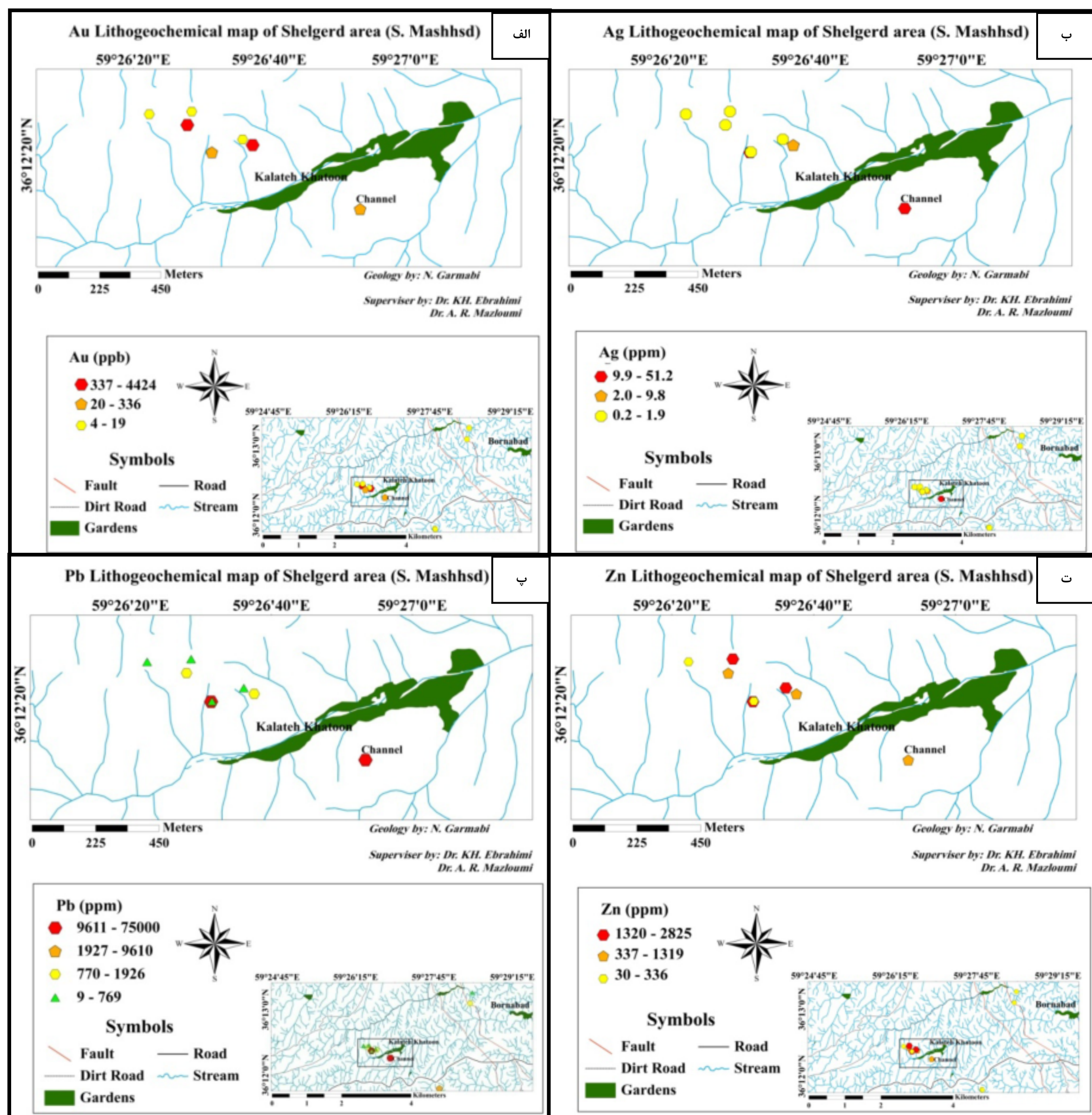
[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

**ژئوشیمی خرده سنگی**

بر اساس شواهد صحرایی و نتایج به‌دست آمده از تجزیه‌ی نمونه‌های رسوب رودخانه‌ای و کانی سنگین، نقاط مستعد کانی‌سازی شناسایی شدند و پس از پیمایش صحرایی و شناسایی دقیق مکان‌های کانی‌سازی ۱۶ نمونه‌ی خرده سنگی با وزن حدود ۳ کیلوگرم از رگه‌ها و نقاط کانی‌سازی برداشت شدند. نمونه‌ها برای آماده سازی و تجزیه به روش ICP-MS و عیارسنجی به شرکت زرآزما تهران ارسال شدند. نتایج بررسی‌های ژئوشیمیایی خرده سنگی به شرح زیر اند.

طلا (Au): مقدار طلا از ۴ تا ۴۴۲۴ ppb متغیر بود. بیشترین مقدار این عنصر در شمال منطقه و در رگه‌ی شمالی در غرب مزرعه کلاته خاتون وجود دارد (شکل ۹- الف).

نقره (Ag): مقدار نقره از ۰/۲۸ تا ۵۱/۲ppm متغیر بود. بیشترین مقدار این عنصر در جنوب منطقه و در رگه‌ی شمالی بخش غرب مزرعه‌ی کلاته خاتون مشاهده شد. بیشترین تمرکز این عنصر در رگه‌های کانی‌سازی داخل تونل قدیمی (منطقه‌ی گوسان) وجود داشت (شکل ۹- ب).




**شکل ۹** نقشه ژئوشیمی خرده سنگی- دگرسان گستره‌ی پی‌جویی شلگرد، برای عناصر: الف) طلا، ب) نقره، پ) سرب، ت) روی.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

سـرب (Pb): مقـدار سـرب از ۹ تـا ppm ۷۵۰۰۰متغیـر بـود. بیشترین مقدار ایـن عنـصر در رگـه‌ی جنـوب مزرعـه‌ی کلاتـه خاتون و به نمونه‌ی برداشت شده از داخل تونـل قـدیمی بـوده است. عنصر سرب با نقره همبستگی مثبت داشتند. در این تونل کانی گالن به فراوانی دیده شد (شکل ۹- پ).

روی (Zn): مقــدار روی از ۳۰ تــا ppm ۲۸۲۵ متغیــر بــود. بیشترین مقدار این عنصر در رگه‌ی شمال مزرعه کلاته خـاتون اندازه‌گیری شد. بالاترین مقادیر در دهانه‌ی تونل قدیمی در رگه های یاد شده اندازه‌گیری شدند (شکل ۹-ت).

مس (Cu): مقدار مس ۱۵ تا ppm ۴۴۹۶۴ متغیر بـوده اسـت. بیشترین مقدار آن در رگه‌ی جنوب مزرعه کلاته خـاتون انـدازه گیری و بیـشترین تمرکـز در تونـل قـدیمی، جنـوب گـستره‌ی مشاهده شدند.

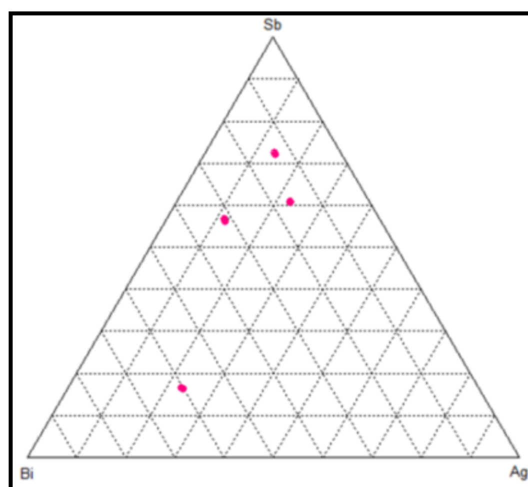
### ژئوشیمی کانی گالن

کانی گالن قادر است عـلاوه بـر سـازاهای اصـلی خـود (Pb, S) عناصر دیگری همچـون نقـره، آنتیمـوان، بیـسموت، آرسـنیک، روی، کادمیوم، سلنیوم و مس را به‌صورت جزئی در خـود جـای دهد [۱۵]. شکل دیگر تمرکز نقره در گالن به‌صورت حـضور در کانی‌های نقره‌دار اسـت [۱۶]. مقـدار بیـسموت و آنتیمـوان در گالن می‌تواند شاخص شرایط تشکیل کانسار باشـد [۱۷]. نقـره یکی از عناصری است که به راحتی قادر است در ساختار بلوری گـالن جانـشین شـود. امـا ایـن جانـشینی شـدیداً بـه حـضور آنتیموان و بیسموت بـستگی دارد [۱۸]. حـضور و مقـدار Sb و Bi نیز متاثر از دما بوده است به‌طوری که اگر گـالن بـه‌صـورت اولیه بود مقدار بیسموت بالا و آنتیموان پـایین مـی‌بودنـد و در گالن‌های ثانویه بیسموت کم و آنتیموان بالا شـکل مـی‌گرفـت. همچنین از مقدار آنتیموان و بیسموت می‌توان به منظور تعیین دما، فشار تشکیل کانه، شیمی دیواره و محلـول‌هـای کانـه‌سـاز استفاده کرد به‌طوری که اگر نسبت Sb/Bi کمتـر از ۰٫۰۶ بـود گالن با دمای بالا و اگر بین ۶ تا ۱۳ بود، با دمای پایین تـشکیل می‌شد [۱۹]. کانسارهای همراه با ماگماتیسم از نقره، بیسموت، آهن و منگنز غنی شده‌انـد، در حـالی کـه کانـسارهای رسـوبی دگرگون شده آنتیموان و گالیم و ... غنی شدگی دارنـد و نـشان می‌دهد که با افزایش دمای تشکیل کانه محتوای نقره در گـالن افزایش می‌یابد و میزان نقـره بـا دمـا دارای رونـد خطـی اسـت [۱۸]. براساس بررسی‌های یاد شده ۲ نمونه از رگه‌ی شـمالی و ۲ نمونه از رگه جنوبی برداشـت و بـه‌روش جـذب اتمـی بـرای عناصر Ag, Sb, Bi تجزیه شدند و روی نمـودار آن‌هـا ترسـیم شـدند نمونـه‌ی شـماره VS 3.1 مقـدار بیـسموت بیـشتری را نسبت به ۳ نمونه دیگر نشان مـی‌دهـد و نتـایج تجزیـه گویـای مقادیر بالایی عناصر نقره و آنتیموان است (شکل ۱۰). با توجـه به برداشت‌ها و تجزیه‌ی نمونه‌ها، دما در حد پایین تا متوسـط و کانی‌سازی از نوع روزادی به‌دست آمد و با چند کانسار مقایـسه شد (جدول ۵).

**جدول ۵** نتایج تجزیه جذب اتمی کانی گالن گستره‌ی پی‌جویی شلگرد در مقایسه با کانسارهای مختلف (Song 1984) ۱: کانسار سرب و روی ارم بزرگ، ارم کوچک و آساران، ۲: Upper Mississippi Valley (گالن همزاد)، ۳: British Island (کانسار پلی متال ولکانو- هیدروترمال)، ۴: Xiatieshan, China(کانسارهای رسوبی دگرگون شده)، ۵: Broken Hill (کانسار اسکارن- هیدروترمال)، ۶: Lower- Middel Yangtze Valley(کانسار هیدروترمال)، ۷: Wood River (کانسار سرب و نقره هیدروترمال)، گستره پی‌جویی شلگرد (رگه جنوبی:VN1, VN2 و رگه شمالی: VS3.1, VS9.1) (کانسار دما پایین تا متوسط).

| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | VN1 | VN2 | VS3.1 | VS9.1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bi (ppm) | ۰ | | | | ۱۳۵ | ۷۵۰۰ | ۲۱ | ۱۳۷٫۸ | ۹۲٫۸ | ۷۸۳ | ۲۸۰٫۲ |
| Sb (ppm) | ۴۰۰ | | ۸ | | ۱۰۱۰ | | ۳۷۸۳ | ۵۱۳٫۳ | ۵۰۴٫۶ | ۲۱۰٫۵ | ۵۰۷٫۶ |
| Ag (ppm) | ۲۹۰۰ | ۳ | ۱۰ | ۵۷۷ | ۶۱۸ | ۸۶۰ | ۳۶۸۳ | ۱۹۵٫۶ | ۱۰۰۹ | ۳۰۲٫۹ | ۱۰۷٫۵ |

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]




**شکل ۱۰** پراکندگی نمونه‌های جذب اتمی کانی گالن روی نمودار سه تایی Ag, Sb, Bi.

**برداشت**

گستره مورد بررسی در جنوب مشهد قرار دارد. این منطقه در شمال شرق ایران و در منطقه‌ی ساختاری بینالود قرار گرفته است. در گستره‌ی مورد بررسی، واحدهای سنگی شامل اسلیت، فیلیت، ماسه سنگ دگرگون شده، آهک دگرگون شده با سن تریاس و واحد کنگلومرا با سن ژوراسیک در راستای گسل سنگ بست شاندیز است. کانی‌سازی در منطقه به‌صورت رگه هایی در راستای N50W و N65E شیب 75°SW رخ داده است. دو رگه‌ی کانی‌سازی با کانی‌سازی متفاوت دوگانه مشاهده می‌شود. آثار حفریات قدیمی و برداشت ماده‌ی معدنی به‌صورت پراکنده در منطقه مشاهده می‌شود. برداشت‌های ژئوشیمیایی به روش رسوب آبراهه‌ای انجام شد و بی‌هنجاری-هایی از عناصر Ag, Cu, Pb, Zn, Fe شناسایی شدند. در نمونه‌های کانی سنگین، کانی‌هایی از قبیل اورپیمنت، رالگار، طلا، پیریت، کاسیتریت مشاهده شدند. براساس نتایج حاصل از ژئوشیمی رسوب رودخانه‌ای و کانی سنگین، نقاط دارای بیشترین بی‌هنجاری‌ها مشخص شدند. نقاط دارای بی‌هنجاری در گستره‌ی کانی‌سازی‌های رگه‌ای قرار دارند. خاستگاه این غنی شدگی رگه‌های معدنی بالادست رودخانه است. رگه‌های معدنی مورد بررسی قرار گرفتند و کانی‌سازی دوگانه در رگه‌ی شمالی اورپیمنت+ رالگار+ گالن+ پیریت و در رگه جنوبی شامل مجموعه‌ی گالن+ کالکوپیریت+ پیریت است. کانی کوارتز به عنوان تنها کانی کانگ شناسایی شد و مجموعه مالاکیت+ آزوریت+ هماتیت+ گوتیت+ لیمونیت کانی‌های ثانویه حاصل از هوازدگی کانسارند. براساس نمونه‌های خرده سنگی برداشت شده از رگه‌ها مقدار طلا ۴/۴۲۴ ppm، نقره ۴۲/۸ ppm، مس ۴٫۴۹۶۴ ٪، آهن ۱٫۴۳۴۰ ٪، سرب ۰٫۶۹۳۹ ٪، روی ۰٫۲۸۲۵ ٪ بدست آمد. این کانی زایی با توجه به نمونه‌های برداشت شده ارزش اقتصادی ندارد، و لازم به یادآوری است که برای دستیابی به نتایج واقعی تر لازم است که برداشت نمونه‌ها بیشتر باشد که از موضوع این مقاله خارج است.

**مراجع**

[۱] مومن زاده م.، *انواع کانسارهای سن ژنتیک و فازهای مهم متالوژنی سن ژنتیک ایران*"، سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۶۰).

[۲] پورلطیفی ا.، *"نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طرقبه"*، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۱).

[3] Alavi M., "*Sedimentary and structural characteristics of the Paleo- Tethys remnants in northeastern Iran*", Geological Society of America Bulletin, Vol.103 (1991) 983-992.

[۴] افشار حرب ع.، آقانباتی ع.، مجیدی ن.، شهرابی م.، داود زاده م.، نوایی ا.، *"نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ مشهد"*، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران (۱۳۶۵).

[۵] باستانی ح.، فرجندی ف.،*"گزارش عملیات اکتشافات ژئوشیمی و کانی سنگین در ورقه ۱۰۰۰۰۰: ۱ طرقبه"*، وزارت صنایع و معادن- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۶).

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]

[6] Mirnejad, H., Lalonde, A.E., Obei, M., Hassanzadeh, J,*"Geochemistry and petrogenesis of Mashhad granitoids: An insight into thegeodynamic history of the Paleo-Tethys in northeast of Iran",* Lithos,( 2013), 105- 116.

[7] Alavi M., "*The Virani Ophiolite complex and surrounding rocks. GeologischRundschau"*, Vol.68 no.1 (1979) 334-341.

[8] Alavi M., "*Thrust tectonics of Binalud region, NE, Iran. Tectonics*", Vol.11 no.2 (1992) 360- 370.

[۹] افتخارنژاد ج.، *"تفکیک بخش های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه های رسوبی"*، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲ (۱۳۵۹) ص ۲۸-۱۹.

[۱۰] نبوی م. ح.، *"دیباچه ای بر زمین شناسی ایران"*، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۵۵) ص ۱۰۹.

[11] Karimpour M.H., Stern C.R., Farmer G.L., "*petrogeneticZircon U–Pb geochronology, Sr–Nd isotope analyses, and petrogenetic study of the Dehnow diorite and Kuhsangi granodiorite (Paleo-Tethys), NE Iran*", Journal of Asian Earth Sciences 37 (2010) 384–393.

[12] Majidi B., AlaviTehrani N., "*Geological map of Mashhad*".1:250,000, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran, (1986).

[13] Davoudzadeh M., Lammerer B., Weber-Diefenbach K., "*Paleogeography, stratigraphy, and tectonics of the Tertiary of Iran, NeuesJahrbuchfürGeologie und Paläontologie-Abhandlungen",*205 .(1997) 33-67.

[14] Shabanian E., Bellier O., Abbassi M.R., Siame L., Farbod Y., "*Plio-Quaternary stress states in NE Iran: KopehDagh and Allah Dagh-Binalud mountain ranges*"**,** Tectonophysics, 480 (2010) 280–304.

[15] Ahrens G., 1953, "T*he use of ionization potential. II. Anion affinity and geochemistry, Geochim"*,EtCosmochim. Acta, v.4 (2010) 1-29.

[16] Lueth V. W., Megaw P. K.M., Pinato N. E., Goodell P. C., "*Systematic variation in galenasolid at Santa EulaiaChinhuhahua, Mexico*", Economic Geology, V. 95 (2000) 1673-1687.

[17] Malakhov A. A., "*Bismuth and antimony in galenas as indicators of some conditions of ore formation"*, Geochemistry International 7 (1968) 1055–1068.

[18] Qian Z., "*Trace Elements in Galena and Sphalerite and Their Geochemical Significance in Distinguishing the Genetic Types of Pb-Zn Ore Deposits*", Geochemistry Vol. 6. No. 2 (1968) 14.

[19] Song X., "*Minor Elements and Ore Genesis Of the Fankou Lead- Zinc deposite, China*", Mineralium Deposita, 19 (1984) 95- 104.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-04-28 ]